

## SEMICONDUCTOR LASER

**Publication number: JP6061580**

**Publication date:** 1994-03-04

**Inventor:** OKUYAMA HIROYUKI; AKIMOTO KATSUHIRO;  
MIYAJIMA TAKAO; OZAWA MASABUMI; MORINAGA  
YUKO; HIEI FUTOSHI

**Applicant:** SONY CORP

**Classification:**

**- international:** *H01S5/00; H01S5/042; H01S5/00; (IPC1-7): H01S3/18*

**- European:**

**Application number:** JP19920229356 19920805

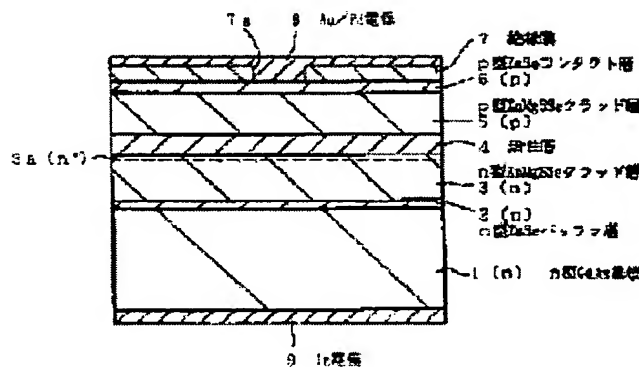
**Priority number(s):** JP19920229356 19920805

**Report a data error here**

## Abstract of JP6061580

**PURPOSE:** To provide a semiconductor laser which can output blue light by using a ZnMgSSe compound semiconductor.

**CONSTITUTION:**An n-type ZnMgSSe clad layer 3, an active layer 4 consisting of a ZnSe/ZnMgSSe multiple quantum well layer, a p-type ZnMgSSe clad layer 5 and a p-type ZnSe contact layer 6 are formed in multilayer on an n-type GaAs substrate 1 with an n-type ZnSe buffer layer 2 therebetween by a molecular epitaxial method one by one. An Au/Pd electrode 8 is used for an p-side electrode and an In electrode 9 is used for an n-side electrode.



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-061580

(43)Date of publication of application : 04.03.1994

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

(21)Application number : 04-229356

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 05.08.1992

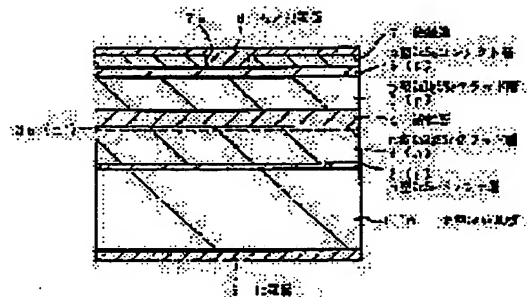
(72)Inventor :  
OKUYAMA HIROYUKI  
AKIMOTO KATSUHIRO  
MIYAJIMA TAKAO  
OZAWA MASABUMI  
MORINAGA YUKO  
HIEI FUTOSHI

## (54) SEMICONDUCTOR LASER

## (57)Abstract:

PURPOSE: To provide a semiconductor laser which can output blue light by using a ZnMgSSe compound semiconductor.

CONSTITUTION: An n-type ZnMgSSe clad layer 3, an active layer 4 consisting of a ZnSe/ZnMgSSe multiple quantum well layer, a p-type ZnMgSSe clad layer 5 and a p-type ZnSe contact layer 6 are formed in multilayer on an n-type GaAs substrate 1 with an n-type ZnSe buffer layer 2 therebetween by a molecular epitaxial method one by one. An Au/Pd electrode 8 is used for an p-side electrode and an In electrode 9 is used for an n-side electrode.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

05.08.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

11.12.2001

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

AJ

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-61580

(43)公開日 平成6年(1994)3月4日

(51)IntCl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

FI

技術表示箇所

H01S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数7(全8頁)

(21)出願番号 特願平4-229356

(22)出願日 平成4年(1992)8月5日

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 奥山 浩之

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72)発明者 秋本 克洋

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72)発明者 宮嶋 孝夫

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(74)代理人 弁理士 杉浦 正知

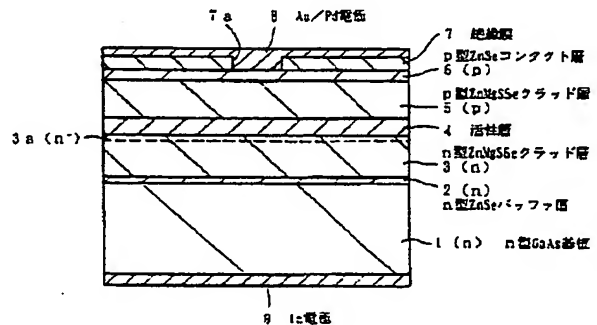
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体レーザー

(57)【要約】

【目的】 ZnMgSSe系化合物半導体を用いて青色発光が可能な半導体レーザーを実現する。

【構成】 n型GaAs基板1上にn型ZnSeバッファ層2を介してn型ZnMgSSeクラッド層3、ZnSe/ZnMgSSe多重量子井戸層から成る活性層4、p型ZnMgSSeクラッド層5及びp型ZnSeコンタクト層6を分子線エピタキシー法により順次積層する。p側電極にはAu/Pd電極8を用い、n側電極にはIn電極9を用いる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 化合物半導体基板上に積層された ZnMgSSe 系化合物半導体から成る第一導電型の第一のクラッド層と、

上記第一のクラッド層上に積層された活性層と、

上記活性層上に積層された ZnMgSSe 系化合物半導体から成る第二導電型の第二のクラッド層とを有する半導体レーザーにおいて、

上記化合物半導体基板と上記第一のクラッド層との間に ZnSe 系化合物半導体から成るバッファ層が設けられていることを特徴とする半導体レーザー。

【請求項 2】 上記バッファ層の厚さが 1~50nm である請求項 1 記載の半導体レーザー。

【請求項 3】 ZnMgSSe 系化合物半導体から成る n 型クラッド層と、活性層と、 ZnMgSSe 系化合物半導体から成る p 型クラッド層とが化合物半導体基板上に積層された半導体レーザーにおいて、

上記 n 型クラッド層と上記活性層との界面の近傍の部分の n 型クラッド層に低不純物濃度部が設けられていることを特徴とする半導体レーザー。

【請求項 4】 化合物半導体基板上に積層された ZnMgSSe 系化合物半導体から成る n 型クラッド層と、

上記 n 型クラッド層上に積層された活性層と、

上記活性層上に積層された ZnMgSSe 系化合物半導体から成る p 型クラッド層と、

上記 p 型クラッド層上に積層された ZnSe 系または ZnSSe 系化合物半導体から成る第一の p 型コンタクト層とを有する半導体レーザーにおいて、

上記 n 型クラッド層の不純物濃度は  $2 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  であり、

上記 p 型クラッド層の不純物濃度は  $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  であり、

上記第一の p 型コンタクト層の不純物濃度は  $1 \times 10^{17} \sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  であることを特徴とする半導体レーザー。

【請求項 5】 化合物半導体基板上に積層された ZnMgSSe 系化合物半導体から成る n 型クラッド層と、

上記 n 型クラッド層上に積層された活性層と、

上記活性層上に積層された ZnMgSSe 系化合物半導体から成る p 型クラッド層と、

上記 p 型クラッド層上に積層された ZnSe 系または ZnSSe 系化合物半導体から成る第一の p 型コンタクト層とを有する半導体レーザーにおいて、

上記第一の p 型コンタクト層上に ZnTe 系化合物半導体から成る第二の p 型コンタクト層が積層されていることを特徴とする半導体レーザー。

【請求項 6】 上記活性層が、ZnSe 層及び ZnMgSSe 層をそれぞれ井戸層及び障壁層とする多重量子井戸層、ZnSe 層または ZnSSe 層により形成されている請求項 1~5 のいずれか一項記載の半導体レーザー

一。

【請求項 7】 p 側電極が Pd 膜とその上に積層された Au 膜とにより形成されている請求項 1~6 のいずれか一項記載の半導体レーザー。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、半導体レーザーに関し、特に、青色発光が可能な半導体レーザーに関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、光ディスクの記録密度の向上やレーザープリンタの解像度の向上を図るために、短波長の半導体レーザーに対する要求が高まってきており、その実現を目指して研究が活発に行われている。

【0003】その結果、最近になって、ZnSSe 系化合物半導体を用いて発光波長が 400~500nm 帯の青色ないし緑色発光の半導体レーザーを実現することができたとの報告がなされている（例えば、日経エレクトロニクス、1992年4月27日号、no. 552、第90頁~第91頁）。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上述のように、ZnSSe 系化合物半導体を用いて青色ないし緑色発光が可能な半導体レーザーは実現されているが、ZnMgSSe 系化合物半導体を用いて青色発光が可能な半導体レーザーを実現した例は未だ報告されていない。

【0005】従って、この発明の目的は、ZnMgSSe 系化合物半導体を用いた青色発光が可能な半導体レーザーを提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、この発明の第一の発明は、化合物半導体基板（1）上に積層された ZnMgSSe 系化合物半導体から成る第一導電型の第一のクラッド層（3）と、第一のクラッド層（3）上に積層された活性層（4）と、活性層（4）上に積層された ZnMgSSe 系化合物半導体から成る第二導電型の第二のクラッド層（5）とを有する半導体レーザーにおいて、化合物半導体基板（1）と第一のクラッド層（3）との間に ZnSe 系化合物半導体から成るバッファ層（2）が設けられているものである。

【0007】この発明の第二の発明は、第一の発明による半導体レーザーにおいて、バッファ層（2）の厚さが 1~50nm であるものである。

【0008】この発明の第三の発明は、ZnMgSSe 系化合物半導体から成る n 型クラッド層（3）と、活性層（4）と、ZnMgSSe 系化合物半導体から成る p 型クラッド層（5）とが化合物半導体基板（1）上に積層された半導体レーザーにおいて、n 型クラッド層（3）と活性層（4）との界面の近傍の部分の n 型クラ

3

ッド層(3)に低不純物濃度部(3a)が設けられているものである。

【0009】この発明の第四の発明は、化合物半導体基板(1)上に積層されたZnMgSSe系化合物半導体から成るn型クラッド層(3)と、n型クラッド層

(3)上に積層された活性層(4)と、活性層(4)上に積層されたZnMgSSe系化合物半導体から成るp型クラッド層(5)と、p型クラッド層(5)上に積層されたZnSe系またはZnSSe系化合物半導体から成る第一のp型コンタクト層(6)とを有する半導体レーザーにおいて、n型クラッド層(3)の不純物濃度は $2 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ であり、p型クラッド層(5)の不純物濃度は $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ であり、第一のp型コンタクト層(6)の不純物濃度は $1 \times 10^{17} \sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ であるものである。

【0010】ここで、n型クラッド層(3)の不純物濃度の下限である $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ はレーザー発振に必要な反転分布を実現することができるキャリア、すなわち電子の濃度の下限に対応する不純物濃度であり、n型クラッド層(3)の不純物濃度の上限である $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ は光学特性の劣化が生じない範囲での最大不純物濃度に対応するものである。また、p型クラッド層(5)の不純物濃度の上限である $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ は、n型クラッド層(3)の不純物濃度の上限と同様に、光学特性の劣化が生じない範囲での最大不純物濃度に対応するものである。さらに、第一のp型コンタクト層(6)の不純物濃度はp型クラッド層(5)の不純物濃度よりも高く選ばれるのは当然であるが、第一のp型コンタクト層(6)の不純物濃度はできるだけ高くするのが望ましい。通常は、この第一のp型コンタクト層(6)の不純物濃度を $1 \times 10^{17} \sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の範囲内に選ぶことにより、p型クラッド層(5)よりもこの第一のp型コンタクト層(6)の抵抗を低くすることができ、これによってp側電極の良好なオーム性接触を実現することができる。

【0011】この発明の第五の発明は、化合物半導体基板(1)上に積層されたZnMgSSe系化合物半導体から成るn型クラッド層(3)と、n型クラッド層

(3)上に積層された活性層(4)と、活性層(4)上に積層されたZnMgSSe系化合物半導体から成るp型クラッド層(5)と、p型クラッド層(5)上に積層されたZnSe系またはZnSSe系化合物半導体から成る第一のp型コンタクト層(6)とを有する半導体レーザーにおいて、第一のp型コンタクト層(6)上にZnTe系化合物半導体から成る第二のp型コンタクト層(10)が積層されているものである。

【0012】この発明の第六の発明は、第一、第二、第三、第四及び第五の発明による半導体レーザーにおいて、活性層(4)が、ZnSe層及びZnMgSSe層をそれぞれ井戸層及び障壁層とする多重量子井戸層、Z

4

nSe層またはZnSSe層により形成されているものである。

【0013】この発明の第七の発明は、第一、第二、第三、第四、第五及び第六の発明による半導体レーザーにおいて、p側電極(8)がPd膜とその上に積層されたAu膜とにより形成されているものである。

【0014】

【作用】この発明の第一の発明による半導体レーザーによれば、化合物半導体基板(1)上にまずZnSe系化合物半導体から成るバッファ層(2)をエピタキシャル成長させ、その上に第一のクラッド層(3)、活性層(4)及び第二のクラッド層(5)を順次エピタキシャル成長させることにより、第一のクラッド層(3)、活性層(4)及び第二のクラッド層(5)の結晶性や表面状態が良好になり、それらの光学的性質も良好になる。これによって、ZnMgSSe系化合物半導体を用いて青色発光が可能な半導体レーザーを実現することができる。

【0015】この発明の第二の発明による半導体レーザーによれば、第一の発明による半導体レーザーにおいて、バッファ層(2)の厚さが1~50nmであることにより、化合物半導体基板(1)の材料として例えばGaAsのようなZnSeと完全に格子整合しないものを用いる場合においても、エピタキシャル成長時にバッファ層(2)に転位が発生するおそれがなく、またこのバッファ層(2)上にエピタキシャル成長される第一のクラッド層(3)、活性層(4)及び第二のクラッド層(5)に転位が発生するおそれもなくなる。これによって、第一のクラッド層(3)、活性層(4)及び第二のクラッド層(5)の結晶性や表面状態が極めて良好になるとともに、それらの光学的性質も極めて良好になり、良好なレーザー特性を有する青色発光が可能な半導体レーザーを実現することができる。

【0016】この発明の第三の発明による半導体レーザーによれば、n型クラッド層(3)と活性層(4)との界面の近傍の部分のn型クラッド層(3)に低不純物濃度部(3a)が設けられているので、p型クラッド層(5)の不純物濃度がn型クラッド層(3)の不純物濃度よりも低い場合においても、p型クラッド層(5)から注入される正孔とn型クラッド層(3)から注入される電子との再結合が活性層(4)内で起きるようにすることができる。これによって、レーザー発振を有効に行わせることができ、青色発光が可能な半導体レーザーを実現することができる。

【0017】この発明の第四の発明による半導体レーザーによれば、n型クラッド層(3)の不純物濃度が $2 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ であり、p型クラッド層(5)の不純物濃度が $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ であり、第一のp型コンタクト層(6)の不純物濃度が $1 \times 10^{17} \sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ であることにより、青色発

5

光が可能な半導体レーザーを実現することができる。

【0018】また、第一のp型コンタクト層(6)の不純物濃度をp型クラッド層(5)に比べて十分に高くすることにより、第一のp型コンタクト層(6)に対するp側電極の良好なオーム性接触を実現することができる。さらに、第一のp型コンタクト層(6)により、酸化されやすいMgを含むp型クラッド層(5)の酸化を防止することができる。

【0019】この発明の第五の発明による半導体レーザーによれば、ZnTe系化合物半導体から成る第二のp型コンタクト層(10)はZnSe系化合物半導体に比べてp型不純物を極めて高濃度にドーピングすることができるため、第二のp型コンタクト層(10)上にp側電極を形成することにより、p側電極の良好なオーム性接触を実現することができる。

【0020】この発明の第六の発明による半導体レーザーによれば、第一、第二、第三、第四及び第五の発明による半導体レーザーにおいて、活性層(4)が、ZnSe層及びZnMgSSe層をそれぞれ井戸層及び障壁層とする多重量子井戸層、ZnSe層またはZnSSe層により形成されていることにより、青色発光が可能な半導体レーザーを実現することができる。ここで、これらの多重量子井戸層、ZnSe層またはZnSSe層、特に例えばZnSe<sub>0.06</sub>Se<sub>0.94</sub>層は、ZnMgSSe系化合物半導体から成るn型クラッド層(3)及びp型クラッド層(5)とほぼ格子整合するものである。なお、若干の格子不整合が存在する場合であっても、活性層(4)の厚さを臨界膜厚よりも小さく選ぶことによって、転位などの発生を防止することができる。

【0021】この発明の第七の発明による半導体レーザーによれば、第一、第二、第三、第四、第五及び第六の発明による半導体レーザーにおいて、p側電極(8)がPd膜とその上に積層されたAu膜とにより形成されていることにより、第一のp型コンタクト層(6)または第二のp型コンタクト層(10)に対するp側電極の密着性を良好にすることができる。

【0022】

【実施例】以下、この発明の実施例について図面を参照しながら説明する。なお、実施例の全図において、同一または対応する部分には同一の符号を付す。

【0023】図1はこの発明の第一実施例による半導体レーザーを示す。

【0024】図1に示すように、この第一実施例による半導体レーザーにおいては、例えばn型不純物としてSiがドーピングされた(100)面方位のn型GaAs基板1上に、例えばn型不純物としてClがドーピングされたn型ZnSeバッファ層2、例えばn型不純物としてClがドーピングされたn型ZnMgSSeクラッド層3、活性層4、例えばp型不純物としてNがドーピングされたp型ZnMgSSeクラッド層5及び例えばp型不純物として

6

Nがドーピングされたp型ZnSeコンタクト層6が順次積層されている。そして、p型ZnSeコンタクト層6上にはストライプ状の開口7aを有する例えばポリイミドから成る絶縁膜7が設けられ、このストライプ状の開口7aを通じてp側電極としてのAu/Pd電極8がp型ZnSeコンタクト層6にコンタクトしている。このAu/Pd電極8は、例えば膜厚が10nmのPd膜上に膜厚が400nmのAu膜を積層した構造を有する。一方、n型GaAs基板1の裏面にはn側電極としてのIn電極9が設けられている。

【0025】この場合、活性層4は、例えば厚さが6nmのZnSe層を井戸層とし、厚さが10nmのZnMgSSe層を障壁層とする多重量子井戸(MQW)層により形成されている。ここで、井戸層としてのZnSe層の数及び障壁層としてのZnMgSSe層の数は例えばそれぞれ6及び5である。

【0026】n型ZnSeバッファ層2の厚さは、ZnSeとGaAsとの間にはわずかではあるが格子不整合が存在することから、この格子不整合に起因してこのn型ZnSeバッファ層2及びその上の各層のエピタキシャル成長時に転位が発生するのを防止するために、ZnSeの臨界膜厚(〜100nm)よりも十分に小さい1〜50nmの範囲に選ばれる。

【0027】n型ZnMgSSeクラッド層3の厚さは例えば1μmであり、不純物濃度は $N_D - N_A$  (ただし、 $N_D$ はドナー濃度、 $N_A$ はアクセプタ濃度)で例えば $8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ である。この不純物濃度に対するキャリア濃度は、室温におけるHall測定の結果によると、ほぼ $n = 5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ である。また、p型ZnMgSSeクラッド層5の厚さは例えば600nmであり、不純物濃度は $N_A - N_D$ で例えば $8 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ である。さらに、p型ZnSeコンタクト層6の厚さは例えば150nmであり、不純物濃度は $N_A - N_D$ で例えば $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ である。

【0028】n型ZnMgSSeクラッド層3及びp型ZnMgSSeクラッド層5の組成は、ZnMgSSeを $\text{Zn}_x\text{Mg}_{1-x}\text{Se}_{1-y}$ と書くと、ドーピング濃度及びバンドギャップ $E_g$ の観点から、好適には $x = 0.90$ 、 $y = 0.18$ に選ばれる。この組成の $\text{Zn}_x\text{Mg}_{1-x}\text{Se}_{1-y}$ は、GaAsと格子整合することがX線回折によって確認されている。

【0029】また、77K(液体窒素温度)におけるフォトルミネセンス(PL)測定によりZnSe及びZnMgSSeのバンド端発光のエネルギーを測定したところ、それぞれ2.78eV及び2.97eVであった。これより、n型ZnMgSSeクラッド層3及びp型ZnMgSSeクラッド層5のそれぞれの $E_g$ は2.97eVとなり、p型ZnSeコンタクト層6の $E_g$ は2.78eVとなる。また、活性層4を構成するMQW層におけるZnSe層(井戸層)及びZnMgSSe層(障

壁層)の $E_g$ はそれぞれ2.78eV及び2.97eVである。従って、この場合のn型ZnMgSSeクラッド層3及びp型ZnMgSSeクラッド層5と活性層4との間の $E_g$ の差は0.19eVとなる。この $E_g$ の差は一般的には他に支障のない限り大きくするのが好ましいが、この $E_g$ の差が0.19eV以下、例えば0.15eV程度であってもレーザー発振は可能である。

【0030】一方、n型ZnMgSSeクラッド層3と活性層4との界面の近傍の部分のn型ZnMgSSeクラッド層3には、この界面に沿ってn<sup>-</sup>型の低不純物濃度部3aが形成されている。この界面に垂直な方向の低不純物濃度部3aの幅は例えば約50~100nmである。また、この場合、この低不純物濃度部3aはグレーディッド構造になっており、この低不純物濃度部3a以外の部分のn型ZnMgSSeクラッド層3の不純物濃度が $8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ であるとする、その不純物濃度は、この $8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ の不純物濃度からn型ZnMgSSeクラッド層3と活性層4との界面に向かって例えば直線的に減少し、この界面において例えば約 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ の不純物濃度になっている。

【0031】このようにn型ZnMgSSeクラッド層3と活性層4との界面の近傍の部分のn型ZnMgSSeクラッド層3に低不純物濃度部3aが形成されていることにより、上述のようにp型ZnMgSSeクラッド層5の不純物濃度が例えば $8 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ と、n型ZnMgSSeクラッド層3の不純物濃度、例えば $8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ に比べて約1桁低くても、p型ZnMgSSeクラッド層5から注入される正孔とn型ZnMgSSeクラッド層3から注入される電子との再結合が確実に活性層4内で起きるようにすることができる。これによ

って、レーザー発振を有効に行わせることができる。

【0032】なお、n型ZnMgSSeクラッド層3と活性層4との界面の直ぐ近傍、例えばこの界面から5~10nm程度の幅の部分のn型ZnMgSSeクラッド層3を必要に応じてアンドープにするようにすれば、n型ZnMgSSeクラッド層3と活性層4との界面の近傍に非発光センタが存在しなくなり、この非発光センタによりレーザー発振に悪影響が生じるのを防止することができる。p型ZnMgSSeクラッド層5と活性層4との界面の直ぐ近傍の部分のp型ZnMgSSeクラッド層5もアンドープにするようにすることにより、同様な効果を得ることができる。

【0033】さらに、この第一実施例においては、p側電極としてAu/Pd電極8を用いているが、Pd膜はZnSeに対する密着性が良好であることから、このAu/Pd電極8を絶縁膜7のストライプ状の開口7aを通じて狭い面積でp型ZnSeクラッド層6にコンタクトさせる場合においても、はがれなどが生じることがなく、このAu/Pd電極8からレーザー発振に必要な電流を支障なく流すことができる。

【0034】この第一実施例による半導体レーザーの共振器長は例えば1mmであり、この共振器長方向に垂直な方向の幅は例えば400 $\mu\text{m}$ である。また、電流ストライプの幅を規定する絶縁膜7のストライプ状の開口7aの幅は例えば20 $\mu\text{m}$ である。

【0035】次に、上述のように構成されたこの第一実施例による半導体レーザーの製造方法について説明する。

【0036】まず、n型GaAs基板1上に、例えば分子線エピタキシー(MBE)法により、n型ZnSeバッファ層2、n型ZnMgSSeクラッド層3、MQW層から成る活性層4、p型ZnMgSSeクラッド層5及びp型ZnSeコンタクト層6を順次エピタキシャル成長させる。

【0037】このMBE法によるエピタキシャル成長においては、例えば、Zn原料としては純度99.999%のZnを用い、Mg原料としては純度99.9%のMgを用い、S原料としては99.9999%のZnSを用い、Se原料としては純度99.9999%のSeを用いる。また、n型ZnSeバッファ層2及びn型ZnMgSSeクラッド層3のn型不純物としてのClのドーピングは例えば純度99.9999%のZnCl<sub>2</sub>をドーパントとして用いて行い、p型ZnMgSSeクラッド層5及びp型ZnSeコンタクト層6のp型不純物としてのNのドーピングは例えば電子サイクロトロン共鳴(ECR)により発生されたN<sub>2</sub>プラズマを照射することにより行う。

【0038】また、n型ZnMgSSeクラッド層3に低不純物濃度部3aを形成するために、このn型ZnMgSSeクラッド層3の最後の(最上層の)50~100nmの厚さの部分のエピタキシャル成長時に、n型不純物のドーパントであるZnCl<sub>2</sub>の供給量を徐々に減少させながら例えば5~10分かけてエピタキシャル成長を行う。

【0039】さらに、MBE法によるp型ZnSeコンタクト層6のエピタキシャル成長時におけるSeビームに対するZnビームの強度比は、好適には約1.2に選ばれる。このようにすることによって、エピタキシャル成長時にZnSe結晶からSeが抜けてこのSeサイトにNが入りやすくなり、結果的にNを高濃度にドーブすることができる。

【0040】次に、上述のn型ZnSeコンタクト層6上に絶縁膜7としてポリイミド膜を塗布し、このポリイミド膜の所定の露光及び現像を行ってストライプ状の開口7aを形成する。次に、例えば室温で全面に例えば膜厚が10nmのPd膜及び例えば膜厚が400nmのAu膜を順次真空蒸着してAu/Pd電極8を形成した後、例えば200℃で3分間、アロイ処理を行う。一方、n型GaAs基板1の裏面にもIn電極9を形成する。

9

【0041】この後、このようにしてレーザー構造が形成されたn型GaAs基板1を例えばバー状に劈開して共振器端面を形成し、このバーを劈開してチップ化する。

【0042】動作時には、このレーザーチップを例えばIn膜が形成されたヘッダ（ヒートシンク）上に、p側電極としてのAu/Pd電極8が下側になるように、すなわちpサイド・ダウンでマウントする。そして、Au/Pd電極8から接合に電流を流す。この場合、このAu/Pd電極8は絶縁膜7のストライプ状の開口7aを通してp型ZnSeコンタクト層6にコンタクトしていることから、この電流はこの開口7aを通してストライプ状に流れる。

【0043】図2はこの第一実施例による半導体レーザーの光出力と注入電流（直流電流）との関係の測定結果の一例を示す。ただし、この光出力の測定にはSi検出器を使用した。

【0044】図2からわかるように、しきい値電流 $I_{th}$ は約45mAであり、これは約 $2.25\text{ A/cm}^2$ のしきい値電流密度に対応する。また、光出力強度が急激に増加したときには強い偏光特性が観察されたが、これもレーザー発振が起きていることの証拠である。

【0045】図3はこの第一実施例による半導体レーザーを77K（液体窒素温度）で連続発振させたときの発光スペクトルの測定結果の一例を示す。ただし、この発光スペクトルの測定には光スペクトル・アナライザーを使用した。この場合、駆動電流はしきい値電流 $I_{th}$ よりも少し大きくした。

【0046】図3からわかるように、レーザー発振波長は青色帯の約447nmであり、また多数の縦モードが観測される。また、このレーザー発振波長は、自発放出のピークに比べて長波長側にシフトしていることから、レーザー発振が起きていることがわかる。

【0047】以上のように、この第一実施例によれば、ZnMgSSe系化合物半導体を用いて、少なくとも77Kで連続発振が可能な発光波長が約447nmの青色発光の半導体レーザーを実現することができる。

【0048】さらに、この第一実施例による半導体レーザーにおけるp側電極のコンタクト特性を改善することにより、室温においても、発光波長が約470nmの青色発光で連続発振可能な半導体レーザーを実現することが可能である。このように室温で連続発振させる場合、n型ZnMgSSeクラッド層3及びp型ZnMgSSeクラッド層5と活性層4との $E_g$ の差は0.3eV程度以上とするのが好ましい。

【0049】次に、この発明の第二実施例による半導体レーザーについて説明する。

【0050】図4に示すように、この第二実施例による半導体レーザーにおいては、p型ZnSeコンタクト層6上にp型ZnTeコンタクト層10が第二のp型コン

10

タクト層として積層され、このp型ZnTeコンタクト層6に対してp側電極としてのAu/Pd電極8が絶縁膜7のストライプ状の開口7aを通じてコンタクトしている。また、この場合、絶縁膜7としては $\text{SiO}_2$ 膜や $\text{Si}_3\text{N}_4$ 膜などが用いられる。その他の構成は第一実施例による半導体レーザーと同様であるので、説明を省略する。

【0051】この第二実施例によれば、p側電極としてのAu/Pd電極8がコンタクトしているp型ZnTeコンタクト層10は、p型不純物としてのNを例えば $1 \times 10^{19}\text{ cm}^{-3}$ 程度と極めて高濃度にドーピングすることができるため、このAu/Pd電極8の良好なオーム性接触を実現することができる。これによって、ZnMgSSe系化合物半導体を用いた青色発光の半導体レーザーのレーザー特性の向上を図ることができる。

【0052】さらに、第二のp型コンタクト層としてp型ZnTeコンタクト層10を形成していることにより、一般にポリイミドに比べて高い温度で形成される $\text{SiO}_x$ 膜や $\text{SiN}_x$ 膜などを絶縁膜7の材料として用いることができるようになる。

【0053】次に、この発明の第三実施例による半導体レーザーについて説明する。

【0054】この第三実施例による半導体レーザーにおいては、活性層4は、例えば厚さが100nmのZnSe層により形成されている。また、n型ZnMgSSeクラッド層3及びp型ZnMgSSeクラッド層5の厚さはそれぞれ例えば800nmであり、p型ZnSeコンタクト層6の厚さは例えば200nmである。その他の構成は第一実施例による半導体レーザーと同様であるので、説明を省略する。

【0055】この第二実施例によっても、ZnMgSSe系化合物半導体を用いて、少なくとも77Kで連続発振が可能な青色発光の半導体レーザーを実現することができる。

【0056】以上、この発明の実施例について具体的に説明したが、この発明は、上述の実施例に限定されるものではなく、この発明の技術的思想に基づく各種の変形が可能である。

【0057】例えば、上述の実施例においては、p側電極としてAu/Pd電極を用いているが、このAu/Pd電極の代わりに、例えばAu電極を用いることも可能である。

【0058】また、上述の実施例においては、化合物半導体基板としてGaAs基板を用いているが、この化合物半導体基板としては、例えばGaP基板などを用いることも可能である。

【0059】

【発明の効果】以上述べたように、この発明によれば、ZnMgSSe系化合物半導体を用いて青色発光が可能な半導体レーザーを実現することができる。



11

## 【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第一実施例による半導体レーザーを示す断面図である。

【図2】図1に示す半導体レーザーの光出力と注入電流との関係の測定結果の一例を示すグラフである。

【図3】図1に示す半導体レーザーの77Kにおける発光スペクトルの測定結果の一例を示すグラフである。

【図4】この発明の第二実施例による半導体レーザーを示す断面図である。

## 【符号の説明】

1 n型GaAs基板

2 n型ZnSeバッファ層

3 n型ZnMgSSeクラッド層

3a 低不純物濃度部

4 活性層

5 p型ZnMgSSeクラッド層

6 p型ZnSeコンタクト層

7 絶縁膜

7a 開口

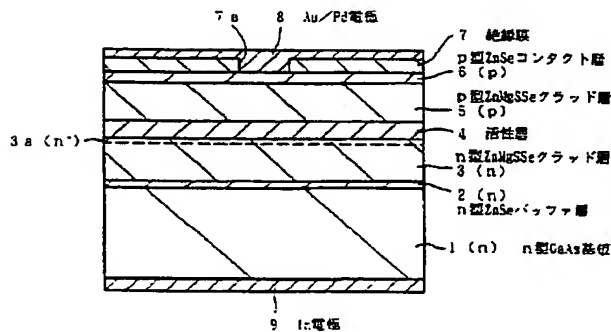
8 Au/Pd電極

10 In電極

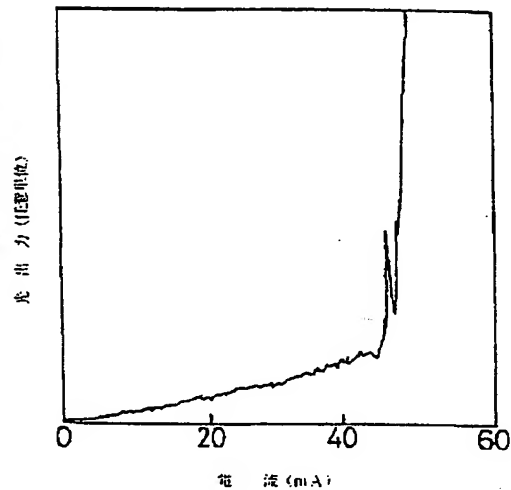
10 p型ZnTeコンタクト層

12

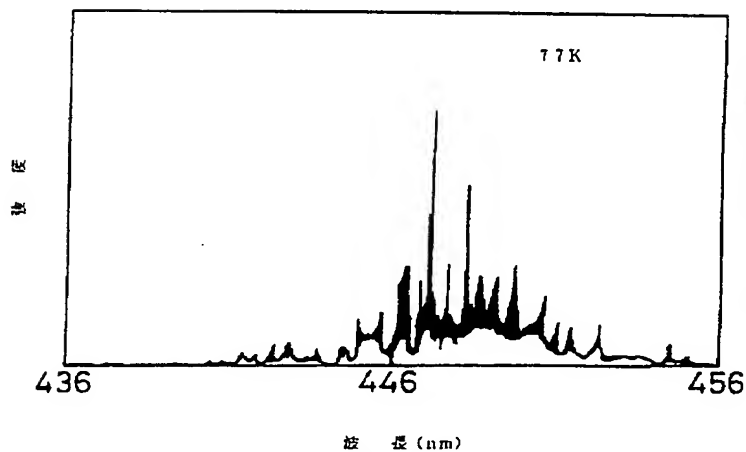
【図1】



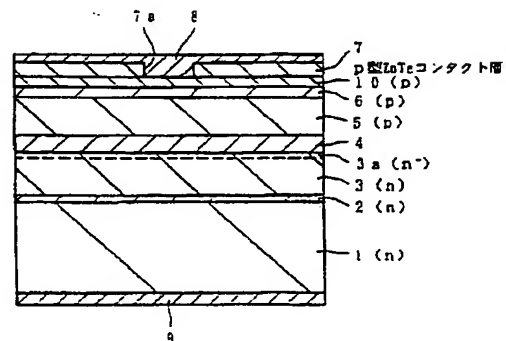
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 小沢 正文  
東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号 ソニ  
ー株式会社内

(72)発明者 森永 優子  
東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号 ソニ  
ー株式会社内

(72)発明者 樋江井 太  
東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号 ソニ  
ー株式会社内